

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа Неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки Приборостроение
Отделение школы Контроля и диагностики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка проекта лаборатории технической томографии

УДК 620.179.152:371.623.3(083.94)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Киселева Мария Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Калиниченко А. Н.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фадеева В.Н.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	К.Т.Н.		

Томск – 2019 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять навыки эффективной индивидуальной и командной работы, включая руководство командой, работу по междисциплинарной тематике с учетом этики и корпоративных интересов, в том числе и на иностранном языке.	Требования ФГОС (УК-1, УК-3, УК-4, УК-5, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ПК-12), CDIO Syllabus (2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, п. 2.3, п. 2.4, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю,)
P2	Применять навыки управления разработкой и производством продукции на всех этапах ее жизненного цикла с учетом инновационных рисков коммерциализации проектов, в том числе в нестандартных ситуациях.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, УК-6, ОПК-2, ОПК-3, ПК-6, ПК -8), CDIO Syllabus (2.1, 2.4, 2.5, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, 40.053 Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса, 40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 29.006 Специалист по проектированию систем в корпусе, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
P3	Собирать, хранить, обрабатывать, использовать, представлять и защищать информацию при соблюдении требований информационной безопасности и корпоративной культуры.	Требования ФГОС (УК-5, УК-6, ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-9), CDIO Syllabus (1.1, 2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI , требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю.
P4	Применять навыки планирования, подготовки, проведения теоретических и	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-8, ПК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п.1.2, п.1.4), CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 4.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	экспериментальных исследований, а также представления и интерпретации полученных результатов.	(40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
P5	Разрабатывать нормативную, техническую и методическую документацию области неразрушающего контроля и измерительной техники.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, ОПК-2, ПК-3, ПК-9, ПК- 11), CDIO Syllabus (1.2, 4.4), Критерий 5 АИОР (п.1.3, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник)
P6	Быть готовым к комплексной профессиональной деятельности при разработке инновационных и эффективных методов и средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК- 10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15), CDIO Syllabus (1.2, 1.3, 2.3, 4.1, 4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.3, п. 1.4, п.1.5, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.016 Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов, 29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, 40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам, 29.006 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
P7	Разрабатывать и внедрять энерго- и ресурсоэффективные технологические процессы производства приборных систем с использованием высокотехнологичных средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (УК-2, УК-6, ОПК-3, ПК-7, ПК-8, ПК-10, ПК- 11, ПК-12, ПК-14, ПК -15), CDIO Syllabus (1.3, 4.1, 4.2, 4.5. 4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.016 Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов, 29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, 40.053 Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа Неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки Приборостроение
Отделение школы Контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Вавилова Г.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ72	Киселева Мария Сергеевна

Тема работы:

Разработка проекта лаборатории технической томографии	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№9732/с от 11.12.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	-нормативная техническая документация по радиационной безопасности, электробезопасности, пожарной безопасности. -в качестве микроконтроллера используем микроЭВМ I80C51.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Цель работы: - разработка концепции управления универсальной системы безопасности контроля физических полей лаборатории промышленной томографии. Задачи: – провести обзор литературы; – разработать обобщённую модель лаборатории;

	–рассмотреть вопросы радиационной безопасности, электробезопасности, пожарной безопасности; – разработать алгоритм работы и реализовать его через программу имитирующего пульт управления; –разработать проект лаборатории томографии с расстановкой необходимых датчиков. –рассмотреть вопросы социальной ответственности и финансового менеджмента.
Перечень графического материала	Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2010
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фадеева Вера Николаевна, доцент ОСГН, к.т.н
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович, профессор ООД, д.т.н
Раздел ВКР на иностранном языке	Смирнова Ульяна Александровна, старший преподаватель
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Раздел 1. Промышленная томография	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.10.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Калиниченко Алексей Николаевич	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Киселева Мария Сергеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ72	Киселева Мария Сергеевна

Школа	ИШНКБ	Отделение школы	ОКД
Уровень образования	Магистр	Направление	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости материалов Накладные расходы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды-30% от ФОТ
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Определены потенциальные потребители результатов НТИ Проведён анализ конкурентных технических решений и SWOT-анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цели и результаты проекта Построена организационная структура проекта, определены ограничения и допущения проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Разработан план проекта Определены бюджет и риски проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведена оценка ресурсной эффективности исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Матрица SWOT-анализа 5. Линейный график проведения и бюджет НТИ 6. Диаграмма Ганта проведения НТИ 7. Потенциальные риски 8. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.03.2019
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН	Фадеева В.Н.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Киселева М. С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ72	Киселева Мария Сергеевна

ШКОЛА		Отделение	
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Приборостроение

Тема дипломной работы: «Разработка проекта лаборатории технической томографии»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является лаборатория №410, 18-го уч. корпуса, где производилось программирование программы. Она оборудована письменным столом, персональными компьютерами, микроконтроллерами и соединительные провода.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>К числу вредных факторов на рабочем месте следует отнести, недостаточная освещенность зоны; повышенная или пониженная температура воздуха в рабочей зоне, шум.</p> <p>К числу опасных факторов следует отнести поражение электрическим током может произойти при использовании неисправного оборудования, прикосновения к незаземленным контактам электросети, находящиеся под напряжением.</p> <p>Для всех случаев вредных и опасных факторов на рабочем месте указаны допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений перечислены средства коллективной и индивидуальной защиты; приведены классы электроопасности помещений и категории пожароопасности помещения. Произведён расчёт освещения на рабочем месте.</p>
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению 	Наличие отходов (остатки проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов.

экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой; 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место; предусмотрены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Приведен перечень НТД
Перечень графического материала: <ul style="list-style-type: none"> 1) План эвакуации при пожаре 2) План помещения и размещения светильников 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.03.2019 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Киселева М. С.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа Неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки Приборостроение
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Контроля и диагностики
 Период выполнения осенний, весенний семестр 2018/2019 учебного года
 Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.10.2018г	<i>Обзор литературы</i>	5
10.11.2018	<i>Рассмотрены вопросы безопасности</i>	10
15.12.2018	<i>Написание программы</i>	15
12.03.2019	<i>Проверка работоспособности программы</i>	15
01.04.2019	<i>Подготовка основного текста диссертации</i>	15
03.05.2019	<i>Написание раздела «Социальная ответственность».</i>	10
14.05.2019	<i>Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».</i>	10
24.05.2019	<i>Написание раздела на иностранном языке</i>	10
28.05.2019	<i>Написание раздела «Заключение»</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Калиниченко А. Н.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 103 с., 17 рис., 24 табл., 40 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: промышленная томография, бетатрон, радиационный контроль, источник излучения, томограф, пульт управления, датчики.

Объектом исследования является (ются) лаборатория технической томографии

Цель работы – разработка концепции управления универсальной системой безопасности контроля физических полей лаборатории промышленной томографии.

В процессе исследования проводились изучения научной литературы по теме работы, анализ вопросов радиационной безопасности, электробезопасности, пожарной безопасности, разработка обобщенной модели лаборатории, разработка алгоритма и реализация его через программу имитирующего пульт управления

В результате исследования получили сравнительный анализ нормативной документации и схематично построена лаборатория, разработан алгоритм и реализован через программу имитирующего пульт управления.

Оглавление

Нормативные документы	13
Введение.....	14
1 Промышленная томография.....	16
1.1 Виды томографии.....	16
1.1.1 Ультразвуковая томография	16
1.1.2 Оптическая томография (ОТ)	18
1.1.3 Тепловая томография (ТТ).....	19
1.1.4 Радиоволновая томография.....	21
1.1.5 Электромагнитный метод контроля.....	21
1.1.6 Рентгеновская томография.....	24
1.2 Рентгеновский аппарат	28
1.3 Ускорители	29
1.3.1 Линейный ускоритель.....	30
1.3.2 Циклические ускорители.....	31
2 Требования к безопасности лаборатории промышленной рентгеновской томографии	33
2.1 Общие требования к лаборатории радиационного контроля	33
2.1.1 Размещение радиационных объектов и зонирование территорий.....	34
2.1.2 Проектирование радиационных объектов.....	37
2.1.3 Организация работ с источниками излучения	40
2.2 Общие требования к электробезопасности	42
2.2.1 Общие требования	42
2.2.2 Требования к органам управления	44
2.3 Охрана труда.....	47
2.4 Общие требования пожарной безопасности	51
3 Разработка системы безопасности комплекса промышленной томографии ...	53
3.1 Технические требования к изделию.....	53
3.2. Задачи системы безопасности.....	54
3.3 Разработка структурной схемы	58

3.4 Расчет принципиальной схемы.....	61
3.4.1. Выбор элементной базы	61
3.4.2. Описание работы схемы.....	64
3.4.3. Расчет потребляемой мощности.....	64
3.6 Проект лаборатории технической томографии	65
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	67
5 Социальная ответственность	87
Заключение	100
Список публикаций.....	101
Список литературы:	102
Приложение А	106
Приложение Б	122
Спецификация к схеме.....	123

Нормативные документы

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 24034-80 «Контроль неразрушающий радиационный. Термины и определения». М.: ИПК Издательство стандартов, 2005-12с.
2. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности. Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 года, регистрационный номер 14534.
3. СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)". Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 11 августа 2010 года -38с.
4. ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). Постановлением Государственного комитета стандартов совета Министров СССР от 10 сентября 1975 г.
5. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности. Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 года.
6. СанПиН 2.6.1.3164-14 " Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при рентгеновской дефектоскопии. Зарегистрировано в Минюсте РФ 4 августа 2014 г.

Введение

Развитие и широкое применение цифровой радиографии для технических целей, начавшееся в середине 90-х годов прошлого века, связано с технологическим прогрессом в области производства систем регистрации и преобразования излучения [1 – 5]. При этом в традиционных методах неразрушающего контроля и технической диагностики появилась возможность не только уйти от рентгеновской пленки и связанных с ней технологических операций получения изображения, но и перейти к созданию высокопроизводительных систем регистрации в режиме реального времени, с автоматизацией и с современными методами архивирования результатов контроля [6 – 10]. Развитие цифровых систем привело к появлению новых направлений, таких как техническая компьютерная томография [11, 12] и системы инспекции человека, помещений и грузов в целях безопасности.

Несмотря на достаточно широкое применение цифровой рентгенографии в системах неразрушающего контроля и безопасности все-таки существует большой комплекс проблем, связанных с выбором цифровых систем, со спецификой видов и объектов контроля, а также методами обработки и визуализации изображения.

В Инженерной школе неразрушающего контроля и безопасности, созданного на базе Научно-исследовательского института интроскопии (НИИ ИН), не только накоплен опыт по широкому применению цифровой рентгенографии для различных целей, но и проводятся современные исследования. При этом очень важно, что работы ведутся как в области рентгеновского излучения, так и высокоэнергетического излучения ускорителей электронов – бетатронов.

Применение инспекционно-досмотрового комплекса (ИДК) на базе ускорителей позволяет достичь максимальной пропускной способности контролируемых грузов, большой досягаемости по толщине контролируемого объекта и высокого пространственного разрешения получаемых рентгеновских

изображений. Часто используется несколько источников излучения для получения изображения объекта в нескольких ракурсах.

Радиационный неразрушающий контроль – вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом [13]. В основе радиационных методов контроля лежит получение дефектоскопической информации об объекте контроля с помощью ионизирующего излучения, прохождение которого через вещество сопровождается ионизацией атомов и молекул среды.

Цель работы – разработка концепции управления универсальной системой безопасности контроля физических полей лаборатории промышленной томографии.

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих основных задач:

- произвести обзор литературы;
- выявить источники опасности лаборатории;
- рассмотреть вопросы радиационной безопасности, электробезопасности, пожарной безопасности;
- разработать алгоритм и реализовать его через программу имитирующего пульта управления;
- разработать типовую схему лаборатории томографии с расстановкой необходимых датчиков.

1 Промышленная томография

Томография (др.-греч. τομή — сечение) — получение послойного изображения внутренней структуры объекта.

Промышленная томография позволяет контролировать и мониторить состояние критически важных элементов стратегически важных приборов и оборудования. Своевременный контроль позволяет проверить качество деталей до вовлечения их в сборку и не допустить их использования в конструкциях деталей, узлов оборудования и устройств, выявить реальное состояние эксплуатируемого объекта, а, следовательно, предотвратить аварии и катастрофы [14].

Практика неразрушающего контроля композиционных материалов показала, что при выявлении дефектов нашли применение практически все методы и способы, традиционно применяемые в условиях производства, испытаний и эксплуатации техники, особенно при контроле материалов с неметаллической матрицей и наполнителем или комбинированные. Это оптические, электрические, акустические, радиационные, магнитные, тепловые, голографические, микрорадиоволновые и другие методы контроля.

1.1 Виды томографии

1.1.1 Ультразвуковая томография

В основе режима трехмерной реконструкции изображения лежит компьютерный анализ серии эхографических срезов.

Методика трехмерной ультразвуковой томографии состоит из 4 этапов:

- сбора объемной информации с помощью специального датчика;
- построения трехмерного изображения;
- послойного анализа отдельных срезов;
- обработки объемной информации.

Съемка и запись объема производится посредством специального поверхностного датчика объема.

Датчик имеет поворотный механизм и выполнение серии ультразвуковых томографических срезов производится за счет вращения и поворота сканирующего механизма вокруг поворотных осей.

Исследуемый объем представляет усеченную пирамиду. Процесс записи отображается в реальном режиме путем движения маркера в обозначенной на мониторе зоне интереса. Это позволяет осуществлять контроль качества записи в режиме on-line.

На мониторе ультразвукового сканера изображается плоскость пространства, которая пересекает объемное тело в определенном положении. Положение объемного тела по отношению к плоскости экрана определяется через относительную систему координат. Относительная система координат состоит из трех осей, находящихся к друг другу в перпендикулярном положении, точка пересечения, которых является центром вращения. Данные оси изображаются на экране в точном соответствии с направлениями X, Y, Z и вычерчиваются в цветном виде на каждом изображении сечения на экране. Что дает возможность обрабатывать большой объем данных, позволяющий получать высокое разрешение.

Стандартное положение режима трехмерного сечения осуществляется при одновременном изображении трех сечений, находящихся друг к другу в ортогональном положении. Каждая часть поверхности изображения пересекает объемное тело в отображаемом виде. Прямые сечения плоскостей сечения представляют из себя оси координатной системы (продольное, поперечное, горизонтальное).

Для выбора различных плоскостей сечения используются режим вращения изображения и режим трансляции (сдвига). При вращении происходил поворот (перемещение) объемного тела относительно плоскости экрана, при этом на всех 3 плоскостях экрана появляются новые сечения изображения. При сдвигах производится перемещение центра вращения вдоль 3

прямых сечения, образующихся ортогональными плоскостями сечения, при этом происходит образование параллельных изображений сечений [15].

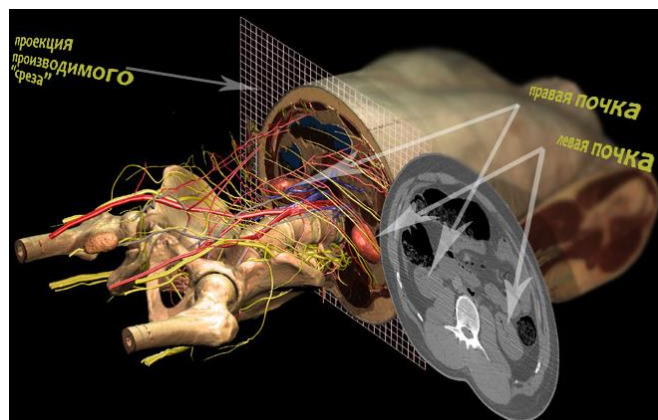


Рисунок 1- Трехмерная ультразвуковая томография почек

1.1.2 Оптическая томография (ОТ) – вид томографии, использующий для визуализации оптическое (лазерное) излучение, преимущественно инфракрасного, а также видимого диапазонов.

Является одной из форм компьютерной томографии, которая создает цифровую объемную модель объекта с помощью реконструкции изображения, созданного из света, прошедшего и рассеянного через объект. В оптической томографии используется оптическое время пролета, для того, чтобы отличить проходящий свет от рассеянного света.

Однако, в отличие, например, от рентгеновского, взаимодействие оптического излучения со средой носит более сложный характер: кроме процесса поглощения присутствуют процессы рассеяния, преломления и отражения и другие. Это с одной стороны, сильно усложняет задачу визуализации, с другой стороны, потенциально позволяет получить больше информации [16].

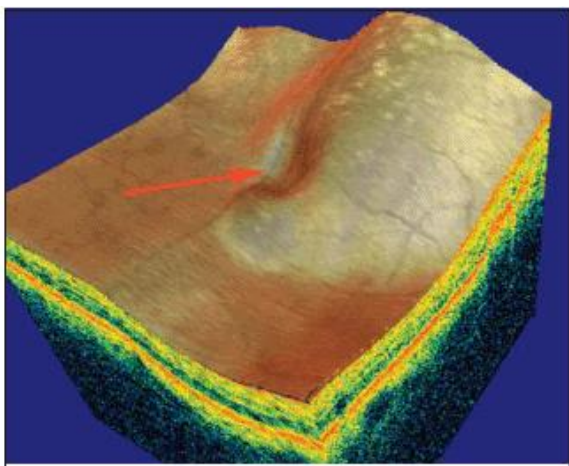


Рисунок 2- Трехмерная модель
центральной зоны сетчатки глаза

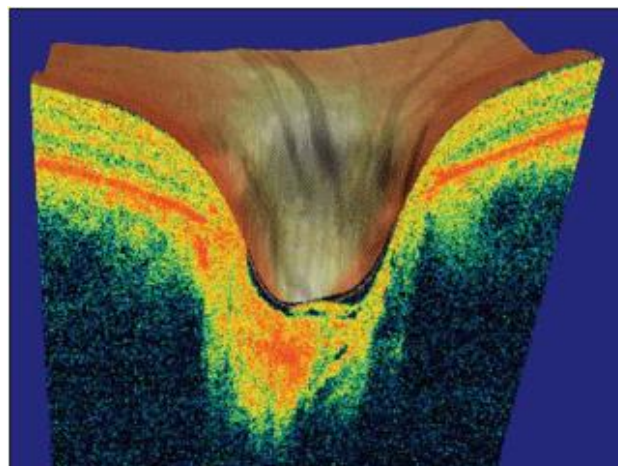


Рисунок 3- Трехмерная модель
центральной зоны сетчатки глаза в
разрезе

1.1.3 Тепловая томография (ТТ) – метод визуализации внутренних сечений объекта с помощью тепловых эффектов. Его можно реализовать импульсным облучением объекта плоским равномерным пучком излучения и последовательной регистрацией «тепловых отпечатков» дефектов или неоднородностей теплофизических параметров контролируемой структуры на противоположной стороне изделия с помощью быстродействующего тепловизора.

Один из вариантов ТТ основан на регистрации на термограммах в различные моменты времени тепловых изображений. Записывая эти изображения, например в цифровое оперативное запоминающее устройство, можно затем последовательно просматривать строение слоев изделия на различной глубине. Этот метод получил название метода хронологических термо-грамм (ХТГ) или динамической тепловой томографии (ДТТ). Исходной зависимостью теории ДТТ является зависимость температурного перепада над дефектом от времени. Количество различимых слоев достигает $n = 15$ для углепластика, $n = 6$ - для бетона.

Другой вариант ТТ основан на использовании алгоритмов реконструкции изображений, используемых в традиционной технике томографа. Например, система трехмерного контроля внутренних тепловых

неоднородностей объекта может быть основана на использовании «эффекта миража». С помощью цилиндрической линзы на поверхности изделия фокусируется лазерное излучение в виде узкой полоски. Вспомогательный лазерный луч направляется вдоль этой полоски над поверхностью изделия (например, полированной кремниевой пластинки и т.п.). Объект последовательно перемещается в направлении, перпендикулярном освещаемой полоске, а после каждого цикла перемещения поворачивается относительно оси, совпадающей с направлением излучения. С помощью позиционно-чувствительного фотоприемника получают матрицу «проекций» для всех положений объекта, а затем восстанавливают изображение по стандартным алгоритмам. Для трехмерного контроля используют второй пробный луч, направляемый параллельно первому над обратной стороной объекта.

Для получения изображения форматом 18 x 18 точек достаточно выполнить 36 измерений (18 x 2 с поворотом на 90°). Увеличение количества проекций улучшает качество изображения, но резко повышает длительность обработки. В настоящее время есть перспектива создания методов ТТ, работающих в реальном времени [17].

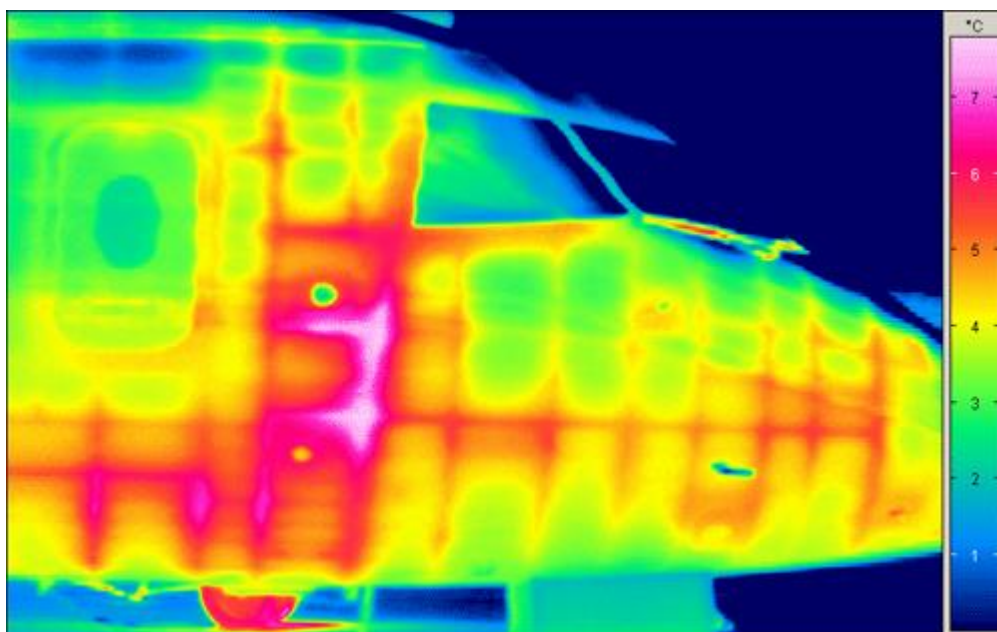


Рисунок 5- Просвечивание самолета тепловой томографией [18]

1.1.4 Радиоволновая томография

Подобна рентгеновской и магниторезонансной томографии, но имеет дело с электромагнитным излучением радиодиапазона. Здесь длина волны соизмерима с размерами неоднородностей, и существенную роль играют эффекты дифракции и многократного взаимодействия. Поэтому эту томографию иногда называют дифракционной томографией. Далее рассмотрим активную локационную волновую томографию, имеющей большое значение, например для систем безопасности.

В основе современной радиоволновой томографии лежит эффект фокусировки излучения, который позволяет произвести обращение волновых проекций зондируемых сред и объектов. Оказывается практически все существующие и разрабатываемые методы восстановления томограмм могут быть рассмотрены с этой точки зрения. Этот подход, названный авторами как радиоволновой томосинтез, существенным образом учитывает возмущения фазовой структуры волн, возникающие после взаимодействия с неоднородностями среды. Эффекты многократного взаимодействия (рассеяния и дифракции) волновых полей с неоднородностями среды могут быть значительно ослаблены с использованием пространственно-временной фокусировки излучения [19].

1.1.5 Электромагнитный метод контроля.

Электромагнитный метод (метод вихревых токов) основан на регистрации изменений электромагнитного поля вихревых токов наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля. Вихревые токи - это замкнутые токи, индуцированные в проводящей среде изменяющимся магнитным полем. Если через катушку пропускать ток определенной частоты, то магнитное поле этой катушки меняет свой знак с той же частотой. Интенсивность и распределение вихревых токов в объекте зависят от его геометрических, электромагнитных параметров и от взаимного расположения измерительного вихретокового преобразователя и объекта. В

качестве преобразователя используют обычно индуктивные катушки (одну или несколько). Синусоидальный или импульсный ток, действующий в катушках вихретокового преобразователя, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электропроводящем объекте. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушки преобразователя наводя в них электродвижущую силу (ЭДС) или изменяя их полное сопротивление. Регистрируя напряжение на зажимах катушки или ее сопротивление, получают информацию о свойствах объекта и о положении преобразователя относительно него.

Особенность электромагнитного контроля состоит в том. Что его можно проводить без контакта преобразователя и объекта. Их взаимодействие происходит обычно на расстояниях небольших, но достаточных для свободного движения преобразователя относительно объекта. Поэтому этим методом можно получать хорошие результаты при высоких скоростях движения объектов контроля.

Электромагнитный метод неразрушающего контроля позволяет определить наличие различных видов дефектов (поверхностные и глубинные трещины, неметаллические включения, пустоты, межкристаллическую коррозию и многое другое) в поверхностных слоях различных материалов с точностью до десятых долей миллиметра. Суть данного метода заключается в измерении степени взаимодействия магнитного поля переменного характера катушки преобразователя с постоянным электромагнитным полем вихревых токов в поверхностных слоях обследуемой конструкции.

Электромагнитный метод позволяет получать сведения о структуре, толщине и наличии скрытых дефектов в фундаментах и трубопроводах, а также определять характер протекания оползневых процессов в водных бассейнах, основаниях автомобильных и железных дорог, грунтах. Помимо этого, данный вид контроля используется в отношении конструкций, изготовленных с применением электропроводящих материалов.

Для проведения электромагнитного контроля используются коэрцитиметры и магнитные структуроскопы, позволяющие измерять коэрцитивную силу изделий, изготовленных из ферромагнитных материалов, а наряду с ними – электромагнитные индикаторы трещин усталостного, коррозионного и технологического характера и измерители концентрации напряжений.

В процессе электромагнитного контроля происходит сканирование объекта контроля по всей длине (за исключением высаженных концов) с использованием метода рассеянного магнитного потока.

Данный метод позволяет выявлять, например, участки уменьшения толщины стенки усталостные трещины, коррозионные язвы, порезы и т.д.



Рисунок 6- Электромагнитный контроль трубы

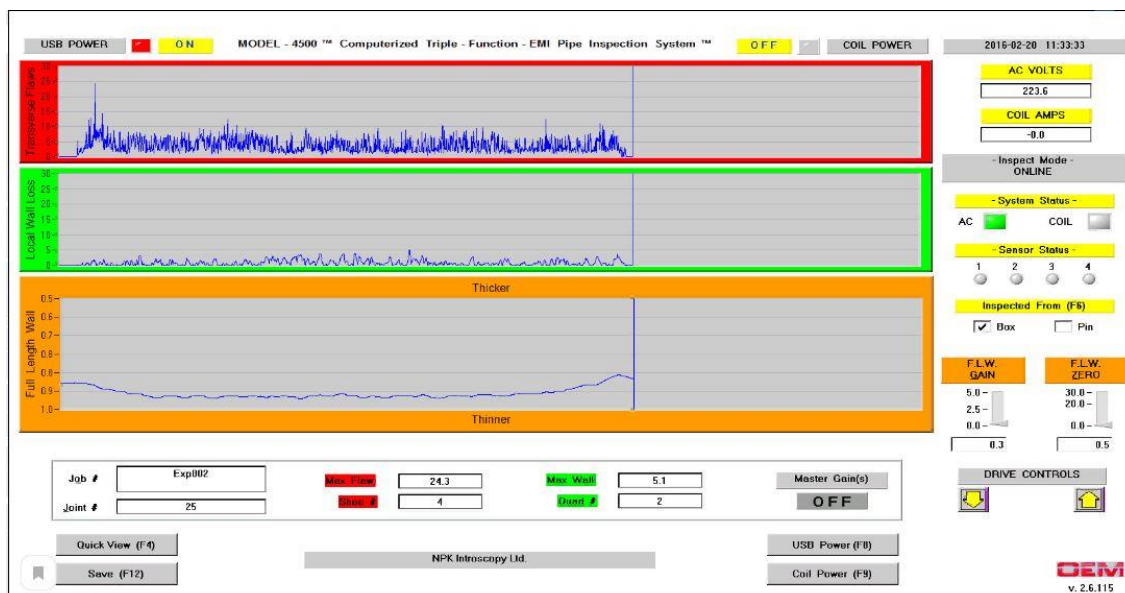


Рисунок 7- Результаты исследования

1.1.6 Рентгеновская томография

Рентгеновская томография — это метод послойного исследования структуры неоднородных объектов в рентгеновском излучении, основанный на зависимости линейного коэффициента поглощения в рентгеновском диапазоне от состава и плотности вещества.

Одним из наиболее перспективных методов рентгеновского контроля является радиационная (рентгеновская) компьютерная томография (КТ).

Преимуществами КТ являются:

- отсутствие теневых наложений на изображении;
- более высокая точность измерения геометрических соотношений;
- чувствительность на порядок выше, чем при обычной рентгенографии.

Рентгеновские вычислительные комплексы могут быть использованы на всех этапах создания конструкций:

- отработки технологического процесса;
- сертификации производства;
- приемочного контроля и диагностики;

- обнаружения изменений внутренней структуры при испытаниях и в период эксплуатации;
- изучения новых конструкторско-технологических решений.

Контроль качества объекта контроля (ОК) основан на реконструкции и визуализации внутренней структуры поперечных сечений (томограмм) в результате совместной вычислительной обработки теневых проекций, полученных при рентгеновском просвечивании ОК в различных направлениях. Послойный характер исследования и визуализации объемной структуры ОК связан с используемым упрощающим приемом, сводящим трехмерную задачу неразрушающего контроля к серии двумерных томограмм (сечений) ОК.

Томограф предназначен для послойной визуализации, дефектоскопии и количественного неразрушающего контроля внутренней пространственной структуры широкого класса изделий, в том числе: клеевых соединений, сборок и многослойных конструкций, сотовых конструкций, композитов.

Томограф рекомендуется применять для отработки технологии, сертификации производства, входного (выходного) контроля и диагностики, для обнаружения изменений внутренней структуры в процессе испытаний или эксплуатации, а также для изучения конструктивно-технологических решений, используемых ведущими производителями аналогичных изделий или технологического оборудования.

Основные области применения промышленных томографов: изучение внутренней структуры сложных деталей, сборок и многослойных композитных конструкций, контроль которых с помощью радиографии или других традиционных методов неразрушающего контроля неэффективен.

Типичные примеры применения томографов:

- измерение толщины стенок охлаждаемых турбинных лопаток газотурбинных двигателей;
- дефектоскопия каталитических нейтрализаторов и головок блока цилиндров автомобильных двигателей внутреннего сгорания;

- диагностика правильности сборки и разноточностей высокоэффективных боеприпасов;
- сертификация критических элементов космической техники – теплозащиты, обтекателей, турбинных колес, клапанов, навигационных и пиродатчиков;
- дефектоскопия композитных сопловых блоков и камер сгорания твердотопливных ракет;
- НК композитных лопастей и элементов авиационных конструкций;
- дефектоскопия ответственных резинокордных изделий;
- отработка технологии и сертификация разнообразных изделий из графита и углеродного волокна;
- дефектоскопия сложного корпусного литья, паяных и сварных соединений [20].

На рисунке 7 представлен стенд рентгеновской томографии. На рисунке 8а изображен корпус крупногабаритной арматуры для нефти и газопроводов, 8б теневая картинка, 8в результат сканирования в одной плоскости до и после обработки изображения с выделением градиентов плотности.

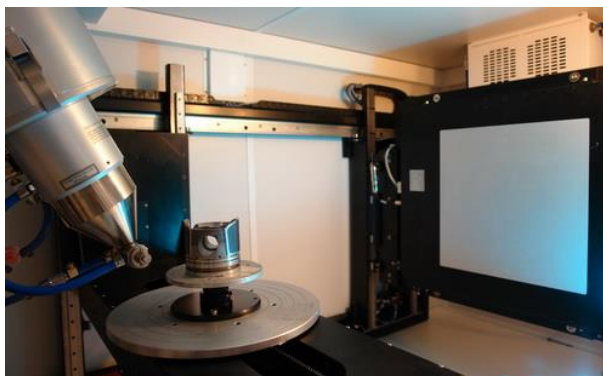


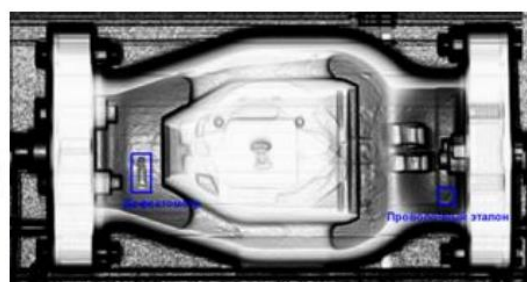
Рисунок 7- Стенд рентгеновской томографии



а)



б)



в)

Рисунок 8 РК корпусов крупногабаритной арматуры для нефти и газопроводов

Возможность применения высокочастотных электрических полей в длинных многокаскадных ускорителях основана на том, что такое поле изменяется не только во времени, но и в пространстве. В любой момент времени напряженность поля изменяется синусоидально в зависимости от положения в пространстве, т.е. распределение поля в пространстве имеет форму волны. А в любой точке пространства она изменяется синусоидально во времени. Поэтому максимумы поля перемещаются в пространстве с так называемой фазовой скоростью. Следовательно, частицы могут двигаться так, чтобы локальное поле все время их ускоряло.

В качестве источников ионизирующего излучения служат: рентгеновский аппарат, ускорители.

1.2 Рентгеновский аппарат

Рентгеновский аппарат предназначается для преобразования электроэнергии в рентгеновское излучение и состоит из источника излучения, блока питания, системы управления и периферии.

Рентгеновский аппарат работает следующим образом. Питание аппарата осуществляется обычно от электросети переменного напряжения в 126 или 220 В. Однако современные рентгеновские установки работают от постоянного тока существенно более высокого напряжения. В связи с этим в состав блока питания входят трансформатор (или система трансформаторов) и выпрямитель тока (иногда выпрямитель может отсутствовать – при низкой мощности аппарата).

Генератор излучения – это рентгеновская трубка, одна или несколько.

Система управления – это распределительное устройство, то есть пульт управления, регулирующий работу всей установки. Кроме того, аппарат включает в себя штатив (систему штативов), на который крепится генератор излучения, а также приспособления для укладки больных и т.п. устройства.

Принцип работы установки следующий. Переменный ток от электросети подводится к первичной обмотке трансформатора. С его вторичной обмотки снимается более высокое напряжение и подается на излучатель непосредственно (полуволновые установки) или через выпрямитель – кенотрон. Накалом катодной нити рентгеновской трубки регулируется ее работа.

Сама рентгеновская трубка – это достаточно простое устройство, схема которого примерно такова. На находящиеся в вакууме в запаянном сосуде катод и анод («антикатод») подается мощный постоянный электрический потенциал. В результате электроны, испущенные катодом, ускоряются в электрическом поле и резко тормозятся при соударении с анодом. При этом испускается «тормозное излучение» – генерируется электромагнитное излучение рентгеновского диапазона. Одновременно из внутренних частей электронных оболочек атомов металла, из которого состоит анод, выбиваются электроны, а получившиеся пустые места заполняются электронами из

внешних слоев электронных оболочек. В ходе этого процесса тоже испускается рентгеновское излучение, спектр которого специфичен для каждого материала. На рисунке 9 представлена рентгеновская трубка.

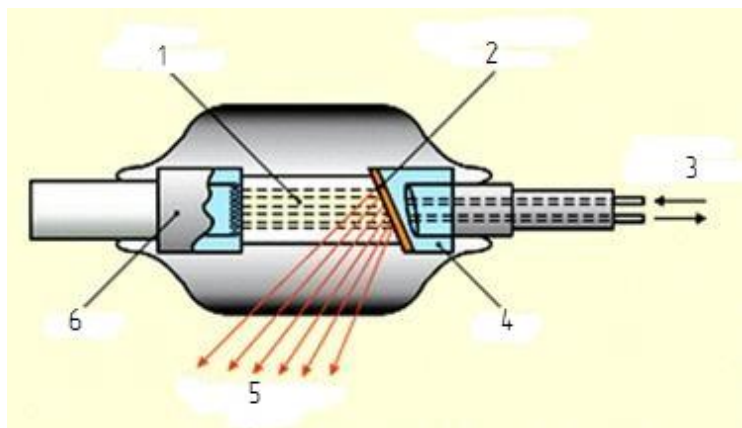


Рисунок 9 - Рентгеновская трубка: 1- пучок электронов, 2- металлическая мишень, 4- водяное охлаждение, 5- анод, 6- рентгеновские лучи, 7- катод.

В излучение при этом переходит не более 1% подаваемой на трубку энергии, остальное превращается в тепло, прежде всего греется анод. Для того чтобы избежать его повреждения от перегрева, либо используются тугоплавкие материалы (вольфрам, молибден), либо конструируется специальная система охлаждения (водное охлаждение, вращающийся анод). Современные рентгеновские установки снабжаются специальными устройствами для стабилизации тока и защиты излучателя от перегрузки. Кроме того, устанавливается система защиты окружающих от избыточного излучения (а также от тока высокого напряжения) [23].

1.3 Ускорители

Ускоритель частиц, установка, в которой с помощью электрических и магнитных полей получают направленные пучки электронов, протонов, ионов и других заряженных частиц с энергией, значительно превышающей тепловую энергию. В процессе ускорения повышаются скорости частиц, причем нередко до значений, близких к скорости света. В настоящее время многочисленные малые ускорители применяются в медицине (радиационная терапия), а также в промышленности (например, для ионной имплантации в

полупроводниках). Крупные же ускорители применяются главным образом в научных целях – для исследования субъядерных процессов и свойств элементарных частиц.

Ускорители заряженных частиц используют для получения тормозного излучения высокой энергии (1-30) МэВ. По траектории движущихся электронов они делятся на линейные (с прямолинейной траекторией) и циклические (с траекторией электронов, движущихся по круговой орбите).

1.3.1 Линейный ускоритель

Ускорение частиц осуществляется электростатическим полем, создаваемым, например, высоковольтным генератором Ван-де-Граафа. Заряженная частица проходит поле однократно: заряд q , проходя разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$, приобретает кинетическую энергию $K = q(\varphi_1 - \varphi_2)$. Таким способом частицы ускоряются до ≈ 10 МэВ. Их дальнейшее ускорение с помощью источников постоянного напряжения невозможно из-за утечки зарядов, пробоев и т.д.

Линейный резонансный ускоритель. Ускорение заряженных частиц осуществляется переменным электрическим полем сверхвысокой частоты, синхронно изменяющимся с движением частиц. Таким способом протоны ускоряются до энергий порядка десятков мегаэлектронвольт, электроны – до десятков гигаэлектронвольт.



Рисунок 10- Общий вид линейного ускорителя на бегущей волне

1.3.2 Циклические ускорители

Бетатрон (рис. 11) состоит из электромагнита и тороидальной вакуумной камеры, расположенной между полюсами электромагнита. Ускорение электронов, подаваемых в камеру от инжектора, происходит в вихревом электрическом поле, индуцируемом в ускорительной камере переменным магнитным полем. За один оборот энергия электронов возрастает примерно на 10-20 эВ/м. За 10⁶ оборотов энергия возрастает до 100 МэВ. По окончании процесса ускорения электроны выводят на другую орбиту с помощью отклонения катушек, они попадают в мишень и тормозятся - возникает тормозное высокоэнергетическое (до 40 МэВ) излучение с непрерывным спектром в виде коротких по времени импульсов в зависимости от частоты источника питания. Чем больше энергия бетатрона, тем острее направлен пучок излучения, имеющий осевую симметрию. При энергии излучения 40 МэВ он составляет не более 2°. Бетатрон применяют для просвечивания толстостенных изделий (несущих балок, мостовых конструкций и т.п.). Масса бетатрона > 100 кг до 4000 кг.

На рисунке 11 представлена схема бетатрона

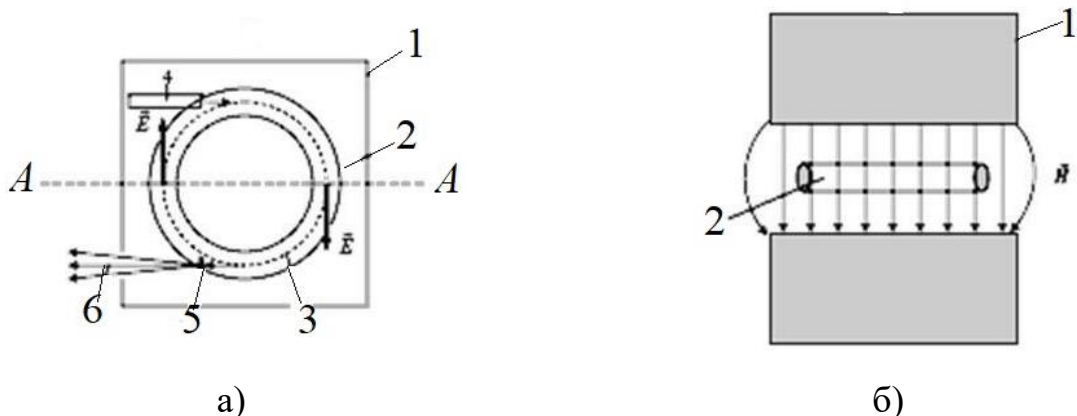


Рисунок - 11 схема бетатрона: а) вид сверху; б) сечение по линии АА. Показаны вектора E и H напряженностей электрического и магнитного полей. 1- электромагнит, 2-вакуумная камера, 3-орбита электрона, 4-инжектор, 5- тормозная мишень, 6- тормозное излучение.

Числовое представление результатов рентгеновского томографического контроля выгодно дополняют привычную для интроскопии форму отображения

исследуемых структур ОК в виде яркостных или цветных изображений. Бесконтактность контроля и длительное запоминание цифровой информации об объемной структуре ОК создают качественно новые возможности использования результатов томографического контроля на протяжении всей «жизни» ОК: непосредственно в процессе изготовления, при хранении, эксплуатации, ремонте или испытаниях, в том числе под влиянием внешних воздействий [22].

2 Требования к безопасности лаборатории промышленной рентгеновской томографии

2.1 Общие требования к лаборатории радиационного контроля

Радиационный контроль является частью производственного контроля и должен охватывать все основные виды воздействия ионизирующего излучения на человека. Целью радиационного контроля является получение информации об индивидуальных и коллективных дозах облучения персонала, пациентов и населения, а также показателях, характеризующих радиационную обстановку.

Объектами радиационного контроля являются:

- персонал групп А и Б при воздействии на них ионизирующего излучения в производственных условиях;
- пациенты при выполнении медицинских рентгенорадиологических процедур;
- население при воздействии на него природных и техногенных источников излучения;
- среда обитания человека.

Программа радиационного контроля в организации, где планируется обращение с источниками излучения, разрабатывается на стадии проектирования. В проекте радиационного объекта должны быть определены виды, объем и порядок проведения контроля, перечень технических средств и штат работников, необходимых для его осуществления.

Виды и объём радиационного контроля могут уточняться в зависимости от конкретной радиационной обстановки в данной организации и на прилегающей территории.

В зависимости от объема и характера работ, радиационный контроль осуществляется службой радиационной безопасности или лицом, ответственным за радиационный контроль, прошедшим специальную подготовку.

Администрация радиационного объекта разрабатывает и утверждает программу радиационного контроля с учетом особенностей и условий выполняемых работ.

Радиационный контроль организаций и территорий предусматривает проведение контроля и учета индивидуальных доз облучения работников (персонала) и населения. Контроль и учет доз облучения персонала и населения должен проводиться с учетом требований Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения населения

Результаты радиационного контроля используются для оценки радиационной обстановки, установления контрольных уровней, разработки мероприятий по снижению доз облучения и оценки их эффективности.

По потенциальной радиационной опасности устанавливается четыре категории объектов:

К I категории относятся радиационные объекты, при аварии на которых возможно их радиационное воздействие на население и могут потребоваться меры по его защите.

Во II категории объектов радиационное воздействие при аварии ограничивается территорией санитарно-защитной зоны.

К III категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии которых ограничивается территорией объекта.

К IV категории относятся объекты, радиационное воздействие от которых при аварии ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения.

2.1.1 Размещение радиационных объектов и зонирование территорий

При выборе места строительства радиационного объекта необходимо учитывать категорию объекта, его потенциальную радиационную и химическую опасность для населения и окружающей среды. Площадка для вновь строящихся объектов должна отвечать требованиям настоящих Правил.

При выборе места размещения радиационных объектов I – III категории должны быть оценены метеорологические, гидрологические, геологические и сейсмические факторы, влияющие на безопасность радиационных объектов при их нормальной эксплуатации и при возможных авариях.

При выборе площадки для строительства радиационных объектов I – III категории, на которых происходит обращение с радиоактивными веществами, следует отдавать предпочтение участкам:

- расположенным на малонаселенных незатопляемых территориях;
- имеющим устойчивый ветровой режим;
- ограничивающим возможность распространения радиоактивных веществ за пределы промышленной площадки объекта, благодаря своим топографическим и гидрогеологическим условиям.

Радиационные объекты I и II категорий должны располагаться с учетом розы ветров преимущественно с подветренной стороны по отношению к жилой территории, лечебно-профилактическим и детским учреждениям, а также к местам отдыха и спортивным сооружениям.

Генеральный план радиационного объекта должен разрабатываться с учетом развития производства, прогноза радиационной обстановки на объекте и вокруг него и возможности возникновения радиационных аварий.

Размещение радиационного объекта должно быть согласовано с органами, осуществляющими федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, с учетом перспектив развития как самого объекта, так и района его размещения.

Не допускается размещение источников ионизирующего излучения и работа с ними в жилых зданиях и детских организациях, за исключением размещения в жилых зданиях рентгенодиагностических аппаратов с цифровой обработкой изображения, применяемых в стоматологической практике, номинальная рабочая нагрузка которых не превышает:

- 40 мА·мин/нед для помещений, смежных с жилыми помещениями, при условии обеспечения требований норм радиационной безопасности для

населения в пределах помещений, в которых проводятся диагностические исследования;

– 200 мА·мин/нед для помещений, не смежных с жилыми помещениями, при условии обеспечения требований норм радиационной безопасности для населения в пределах помещений стоматологической организации.

Вокруг радиационных объектов I – III категорий устанавливается санитарно-защитная зона, а вокруг радиационных объектов I категории – также и зона наблюдения. Для радиационных объектов III категории санитарно-защитная зона ограничивается территорией объекта, для радиационных объектов IV категории установления зон не предусмотрено.

Размеры санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения вокруг радиационного объекта устанавливаются с учетом уровней внешнего облучения, а также величин и площадей возможного распространения радиоактивных выбросов и сбросов.

При расположении на одной площадке комплекса радиационных объектов санитарно-защитная зона и зона наблюдения устанавливаются с учетом суммарного воздействия объектов.

Внутренняя граница зоны наблюдения всегда совпадает с внешней границей санитарно-защитной зоны.

Радиационное воздействие на население, проживающее в зоне наблюдения радиационного объекта I категории или находящееся в зоне влияния нескольких объектов, должно быть ограничено допустимыми уровнями воздействия для каждого радиационного объекта, обеспечивающими не превышение среднегодового значения предела дозы для населения.

Размеры санитарно-защитной зоны (полосы отчуждения) вдоль трассы трубопровода для удаления жидких радиоактивных отходов устанавливаются в зависимости от активности последних, рельефа местности, характера грунтов, глубины заложения трубопровода, уровня напора в ней и должны быть не менее 20 м в каждую сторону от трубопровода.

Границы санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения радиационного объекта на стадии проектирования должны быть согласованы с органами, осуществляющими федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

В санитарно-защитной зоне радиационного объекта запрещается постоянное или временное проживание, размещение детских учреждений, а также не относящихся к функционированию радиационного объекта лечебных учреждений, предприятий общественного питания, промышленных объектов, подсобных и иных сооружений и объектов. Территория санитарно-защитной зоны должна быть благоустроена и озеленена.

В санитарно-защитной зоне вводится режим ограничения на хозяйственную деятельность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

В зоне наблюдения, на случай аварийного выброса радиоактивных веществ, администрацией территории должен быть предусмотрен комплекс защитных мероприятий в соответствии с требованиями раздела IV НРБ-99/2009 и настоящих Правил.

В санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения силами службы радиационной безопасности объекта должен проводиться радиационный контроль.

2.1.2 Проектирование радиационных объектов

Проектная документация на радиационные объекты должна содержать обоснование мер безопасности при конструировании, строительстве, реконструкции, эксплуатации, выводе из эксплуатации, а также в случае аварии, и её рассмотрение и утверждение должно проводиться в соответствии с действующим законодательством.

В проектной документации радиационного объекта для каждого помещения (участка, территории) указывается:

– при работе с открытыми источниками излучения: радионуклид, соединение, агрегатное состояние, активность на рабочем месте, годовое потребление, вид и характер планируемых работ, класс работ;

– при работе с закрытыми источниками излучения: радионуклид, его вид, активность, допустимое количество источников излучения на рабочем месте и их суммарная активность, характер планируемых работ;

– при работе с устройствами, генерирующими ионизирующее излучение: тип устройства, вид, энергия и интенсивность генерируемого излучения и (или) анодное напряжение, сила тока, мощность, максимально допустимое число одновременно работающих устройств, размещенных в одном помещении (на участке, территории);

– при работах на ядерных реакторах, с генераторами радионуклидов, радиоактивными отходами и с другими источниками излучения со сложной радиационной характеристикой: источник излучения и его радиационные характеристики (радионуклидный состав, активность, энергия, интенсивность излучения).

Для всех работ указываются их характер и ограничительные условия.

Проектирование защиты от внешнего облучения персонала и населения необходимо проводить с коэффициентом запаса по годовой эффективной дозе не менее 2. При этом необходимо учитывать наличие других источников излучения и перспективное увеличение их мощности.

Проектирование защиты от внешнего ионизирующего излучения должно выполняться с учетом назначения помещений, категорий облучаемых лиц и длительности облучения с коэффициентом запаса, k , по годовой эффективной дозе не менее 2. При расчете защиты проектная мощность эквивалентной дозы излучения H на поверхности защиты определяется по формуле (1):

$$H = \frac{1000 * D}{k * T}, \frac{\text{мкЗв}}{\text{ч}} \quad (1)$$

где, D – предел дозы для персонала или населения, мЗв в год;

T – продолжительность облучения, часов в год;

k – коэффициент запаса.

Значения проектной мощности эквивалентной дозы для стандартной продолжительности пребывания в помещениях и на территориях персонала и населения с коэффициентом запаса 2 приведены в таблице 1.

Расчет допустимых годовых выбросов и сбросов радиационных объектов должен проводиться исходя из требования, чтобы эффективная доза для населения за 70 лет жизни, обусловленная годовым выбросом и сбросом, не превышала установленного допустимого уровня воздействия от предела дозы.

Таблица 1 – Мощность эквивалентной дозы, используемая при проектировании защиты от внешнего ионизирующего излучения

Категория облучаемых лиц		Назначение помещений и территорий	Продолжительность облучения, ч/год	Проектная мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч
Персонал	группа А	Помещения постоянного пребывания персонала	1700	6,0
		Помещения временного пребывания персонала	850	12
	группа Б	Помещения радиационного объекта и территория санитарно-защитной зоны, где находится персонал	2000	1,2
Население		Любые другие помещения и территории	8800	0,06

При проектировании радиационных объектов и выборе технологических схем работ следует обеспечить:

- минимальное облучение персонала и населения в соответствии с принципом оптимизации;
- максимальную автоматизацию и механизацию операций;
- автоматизированный и визуальный контроль за ходом технологического процесса;
- применение наименее токсичных и вредных веществ;
- минимальные уровни шума, вибрации и других вредных факторов;

- минимальные выбросы и сбросы радиоактивных веществ в окружающую среду;
- минимальное количество радиоактивных отходов с простыми, надежными способами их временного хранения и переработки;
- звуковую и/или световую сигнализацию о нарушениях технологического процесса;
- блокировки.

Технологическое оборудование для работ с радиоактивными веществами должно удовлетворять следующим требованиям:

- конструкция должна быть надежной и удобной в эксплуатации, обладать необходимой герметичностью, обеспечивать возможность применения дистанционных методов управления и контроля за ходом работы оборудования;
- изготавливаться из прочных коррозионно- и радиационностойких материалов, легко поддающихся дезактивации;
- наружные и внутренние поверхности оборудования должны быть доступными для проведения дезактивации.

В проекте радиационного объекта должен быть предусмотрен комплекс организационных, технических и санитарно-гигиенических мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при проведении ремонтных работ.

2.1.3 Организация работ с источниками излучения

Работа с источниками излучения разрешается только в помещениях, зданиях (сооружениях) и на территориях, указанных в санитарно-эпидемиологическом заключении.

Проведение работ, не связанных с применением источников излучения, в этих помещениях допускается только в случае, если они вызваны производственной необходимостью. На дверях каждого помещения должны

быть указаны его назначение, класс проводимых работ с открытыми источниками излучения и знак радиационной опасности.

Оборудование, аппараты, контейнеры, упаковки, передвижные установки, специальные транспортные средства, содержащие источники ионизирующего излучения, должны иметь знак радиационной опасности.

Технические условия на защитное технологическое оборудование (камеры, боксы, вытяжные шкафы), а также сейфы, контейнеры для радиоактивных отходов, транспортные средства, транспортные упаковочные комплекты, контейнеры, предназначенные для хранения и перевозки радиоактивных веществ, фильтры системы пылегазоочистки, средства индивидуальной защиты и средства радиационного контроля, содержащие источники ионизирующего излучения, должны иметь санитарно-эпидемиологическое заключение на соответствие санитарным правилам. [12]

Установка содержит рентгеновскую трубку, являющуюся источником рентгеновского излучения и представляющую потенциальную радиационную опасность для здоровья персонала и населения.

Рентгеновская трубка становится источником излучения лишь в момент подачи на нее высокого напряжения, поэтому при перевозке и хранении изделия не представляет радиационной опасности.

По конструктивным особенностям, режиму эксплуатации и степени радиационной опасности установка является техногенным источником ионизирующего излучения, и ее получение и передача производятся в порядке, установленном ОСПОРБ-99, по согласованию с территориальными органами санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации. Обращение с изделиями должно производиться с соблюдением требований СанПиН 2.6.1.3164-14.

Операторы, наладчики и ремонтники, а также сотрудники, проводящие радиационный контроль, как лица, работающие с техногенными источниками, относятся к персоналу группы А. Находящиеся по условиям работы в тех же помещениях другие работники, непосредственно не работающие с

комплексами, относятся к персоналу группы Б. Работа их должна проводиться с соблюдением требований НРБ-99, ОСПОРБ-99 и СанПиН 2.6.1.3164-14.

Для установки «Инспекционно-досмотровый комплекс с бетатроном» при всех возможных условиях ее эксплуатации накопленная за рабочую смену доза рентгеновского излучения на границе радиационно опасной зоны не должна превышать 70 мкЗв (7 мбэр). Это соответствует средней за рабочую смену мощности дозы 10 мкЗв/час. [13]

2.2 Общие требования к электробезопасности

2.2.1 Общие требования

Устанавливаются пять классов защиты: 0; 0I; I; II; III.

- К классу 0 должны относиться изделия, имеющие по крайней мере рабочую изоляцию и не имеющие элементов для заземления, если эти изделия не отнесены к классу II или III.

- К классу 0I должны относиться изделия, имеющие по крайней мере рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания.

- К классу I должны относиться изделия, имеющие по крайней мере рабочую изоляцию и элемент для заземления. В случае, если изделие класса I имеет провод для присоединения к источнику питания, этот провод должен иметь заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом.

- К классу II должны относиться изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления.

- К классу III следует относить изделия, предназначенные для работы при безопасном сверхнизком напряжении, не имеющие ни внешних, ни внутренних электрических цепей, работающих при другом напряжении.

Изделия, получающие питание от внешнего источника, могут быть отнесены к классу III только в том случае, если они присоединены непосредственно к источнику питания, преобразующему более высокое напряжение в безопасное сверхнизкое напряжение, что осуществляется

посредством разделительного трансформатора или преобразователя с отдельными обмотками.

При использовании в качестве источника питания разделительного трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны и между ними должна быть двойная или усиленная изоляция.

В конструкции электротехнических изделий должны быть предусмотрены средства шумо- и виброзащиты, обеспечивающие уровни шума и вибрации на рабочих местах в соответствии с утвержденными санитарными нормами. Допустимые значения шумовых и вибрационных характеристик электротехнических изделий должны быть установлены в стандартах и технических условиях на изделия конкретных видов.

Изделия, которые создают электромагнитные поля, должны иметь защитные элементы (экраны, поглотители и т.п.) для ограничения воздействия этих полей в рабочей зоне до допустимых уровней.

Изделия, являющиеся источником теплового, оптического, рентгеновского излучения, а также ультразвука, должны быть оборудованы средствами для ограничения интенсивности этих излучений и ультразвука до допустимых значений.

Требования о наличии в конструкции изделия элементов, предназначенных для защиты от случайного прикосновения к движущимся, токоведущим, нагревающимся частям изделия, и элементов для защиты от опасных и вредных материалов конструкции и веществ, выделяющихся при эксплуатации, а также требования к этим защитным элементам, должны указываться в стандартах и технических условиях на конкретные виды изделий.

Расположение и соединение частей изделия должны быть выполнены с учетом удобства и безопасности наблюдения за изделием при выполнении сборочных работ, проведении осмотра, испытаний и обслуживания. При

необходимости изделия должны быть оборудованы смотровыми окнами, люками и средствами местного освещения.

При необходимости изделия должны быть оборудованы сигнализацией, надписями и табличками. Для осуществления соединения при помощи розетки вилки к розетке должен подключаться источник энергии, а к вилке - ее приемник. Предупредительные сигналы, надписи и таблички должны применяться для указания на: включенное состояние изделия, наличие напряжения, пробой изоляции, режим работы изделия, запрет доступа внутрь изделия без принятия соответствующих мер, повышение температуры отдельных частей изделия выше допустимых значений, действие аппаратов защиты и т.п.

2.2.2 Требования к органам управления

Органы управления должны снабжаться надписями или символами, указывающими управляемый объект, к которому они относятся, его назначение и состояние ("включено", "отключено", "ход", "тормоз" и т.п.), соответствующее данному положению органа управления, и (или) дающими другую необходимую для конкретного случая информацию.

При автоматическом режиме работы изделия кнопки для наладки и органы ручного управления, кроме органов аварийного отключения, должны быть отключены, за исключением случаев, обусловленных технологической необходимостью.

Пользование органами ручного управления и регулировки в последовательности, отличной от установленной, не должно приводить к возникновению опасных ситуаций или должно быть исключено введением блокировки.

У изделий, имеющих несколько органов управления для осуществления одной и той же операции с разных постов (например, для дистанционного управления и для управления непосредственно на рабочем месте), должна

быть исключена возможность одновременного осуществления управления с различных постов.

Кнопки аварийного отключения должны выполняться без указанной блокировки.

Орган управления, которым осуществляется останов (отключение), должен быть выполнен из материала красного цвета.

Орган управления, которым осуществляется пуск (включение), должен иметь ахроматическую расцветку (черную, серую или белую). Допускается выполнять этот орган зеленого цвета.

Орган управления, которым может быть попеременно вызван останов или пуск изделия, должен быть выполнен только ахроматического цвета. Рукоятки автоматических выключателей допускается выполнять желто-коричневого цвета.

Орган управления, которым осуществляется воздействие, предотвращающее аварию изделия, должен быть выполнен желтого цвета.

Орган управления, которым осуществляются операции, отличные от перечисленных выше, должен быть выполнен ахроматического или синего цвета.

Кнопка аварийного отключения должна выполняться увеличенного, по сравнению с другими кнопками, размера.

Кнопка "Пуск" должна быть утоплена не менее чем на 3 мм или иметь фронтальное кольцо.

Допускается выполнять не утопленными и без фронтального кольца кнопки, имеющие свободный ход не менее 4 мм или не вызывающие опасных воздействий при случайном нажатии.

Для расположения органов управления, предназначенных для использования более трех раз в течение рабочей смены, следует использовать зоны:

- 1000-1400 мм от уровня пола (рабочей площадки) при управлении изделием стоя;

- 600-1000 мм при управлении изделием сидя.
- Для органов управления, предназначенных для осуществления плавной регулировки, необходимо, при работе стоя, использовать зону:
 - 1200-1400 мм от уровня пола (рабочей площадки),
 - а при работе сидя 800-1000мм.

Установку измерительных приборов, отсчет по которым необходимо производить в течение всей рабочей смены, следует выполнять таким образом, чтобы шкала каждого из приборов находилась на высоте от пола (рабочей площадки):

- 1000-1800 мм - при работе стоя;
- 800-1300 мм - при работе сидя.

Установку измерительных приборов, по которым необходимо производить точные отсчеты, следует производить таким образом, чтобы шкала каждого из приборов находилась на высоте от пола (рабочей площадки):

- 1200-1600 мм - при работе стоя;
- 800-1200 мм - при работе сидя.

2.2.3 Требования к предупредительной сигнализации, надписям и табличкам

Сигнализация должна быть выполнена световой или звуковой.

Световая сигнализация может быть осуществлена как с помощью непрерывно горящих, так и мигающих огней.

Для световых сигналов должны применяться следующие цвета:

красный - для запрещающих и аварийных сигналов, а также для предупреждения о перегрузках, неправильных действиях, опасности и о состоянии, требующем немедленного вмешательства (при пожаре и т.п.);

желтый - для привлечения внимания (предупреждения о достижении предельных значений, о переходе на автоматическую работу и т.п.);

зеленый - для сигнализации безопасности (нормального режима работы изделия, разрешения на начале действия и т.п.);

белый - для обозначения включенного состояния выключателя, когда нерационально применение красного, желтого и зеленого цветов;

синий - для применения в специальных случаях, когда не могут быть применены красный, желтый, зеленый и белый цвета.

Сигнальные лампы и другие светосигнальные аппараты должны иметь знаки или надписи, указывающие значение сигналов (например, "Включено", "Отключено", "Нагрев").

2.3 Охрана труда

К самостоятельной работе на томографах допускаются лица, имеющие соответствующее подготовку по специальности, обладающие теоретическими знаниями и профессиональными навыками в соответствии с требованиями действующих нормативных правовых актов, не имеющие противопоказаний к работе по данной специальности по состоянию здоровья, прошедшие в установленном порядке предварительный (при поступлении на работу) и периодические (во время трудовой деятельности) медицинские осмотры.

К работе допускаются лица не моложе 18 лет. Работники должны быть обучены безопасным методам и приемам выполнения работ, проведен им вводный инструктаж по охране труда на рабочем месте, пройти стажировку на рабочем месте и проверку знаний по охране труда.

Повторный инструктаж по охране труда должен проводиться в сроки не реже одного раза в шесть месяцев.

При работе с электрическими аппаратами работник должен иметь 1 группу по электробезопасности.

Диагностическая установка должна размещаться в отдельном помещении организации.

В кабинете должны соблюдаться следующие требования:

- должен быть санитарный и технический паспорт;

- для отделки стен должны применяться водостойкие материал;
- окна должны быть оборудованы устройствами для регулирования освещения (жалюзи, шторы);
- параметры естественного и искусственного освещения должны соответствовать требованиям нормативных документов;
- экраны видеодисплея должны быть размещены и ориентированы на север, северо-восток или северо-запад;
- должен быть обеспечен уровень контраста изображения на экране видеодисплея, исключающий мелькания, блики, отражения от светильников и окружающих предметов;
- расположение экрана видеодисплея должно обеспечивать удобство зрительного наблюдения с возможностью регулировки высоты и угла наклона монитора в вертикальной плоскости.

Конструкция рабочего стула работников должна:

- обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы;
- иметь регулировку высоты сидения, необходимый угол наклона спинки стула.

Помещения должны быть оборудованы:

- принудительной приточно-вытяжной системой вентиляции, обеспечивающей снижение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до концентрации, допустимой санитарными нормами и правилами;
- системами кондиционирования воздуха;
- системами отопления.

Работающие в помещении обязаны:

- соблюдать режим труда и отдыха, установленный законодательством, правилами внутреннего трудового распорядка организации, трудовую дисциплину, выполнять требования охраны труда, правил личной гигиены;
- выполнять требования пожарной безопасности, знать порядок действий при пожаре, уметь применять первичные средства пожаротушения;

- курить только в установленных для курения местах;
- знать приемы оказания первой помощи при несчастных случаях;
- соблюдать требования по охране труда, а также правила поведения на территории учреждения, в производственных, вспомогательных и бытовых помещениях;
- поддерживать порядок на своем рабочем месте;
- проходить в установленном законодательством порядке медицинские осмотры, подготовку (обучение), переподготовку, повышение квалификации и проверку знаний по вопросам охраны труда;
- внимательно выполнять свои служебные обязанности.

Площадь кабинета может быть скорректирована по согласованию с территориальным учреждением госсаннадзора с учетом следующих требований:

- расстояние от рабочего места персонала за малой защитной ширмой до стен помещения – не менее 1,5 м;
- расстояние от рабочего места персонала за большой защитной ширмой до стен помещения – не менее 0,6 м;
- расстояние от стола-штатива поворотного или от стола снимков до стен помещения – не менее 1,0 м;
- расстояние от стойки снимков до ближайшей стены – не менее 0,1 м;
- расстояние от рентгеновской трубки до смотрового окна не менее 2 м;
- технологический проход для персонала между элементами стационарного оборудования – не менее 0,8 м;

Высота процедурной рентгеновского кабинета должна обеспечивать функционирование технического оснащения, например, потолочного крепления рентгеновского излучателя, штатива, телевизионного монитора, бестеневой лампы и др. Рентгеновская аппаратура с потолочной подвеской излучателя, экраноснимочного устройства или усилителя рентгеновского изображения требует высоты помещения не менее 3 м.

Ширина дверного проема, где стоит томограф должна быть не менее 1,2 м при высоте 2,0 м, размер остальных дверных проемов – 0,9×1,8 м.

Ориентация окон помещения, где стоит установка и комнаты управления предпочтительна в северо-западном направлении. Пол в комнате управления выполняется из электроизоляционных материалов натуральных или искусственных. Применение искусственных покрытий и конструкций пола возможно при наличии на них заключения об их электробезопасности.

В комнате, где стоит томограф покрываются водонепроницаемыми материалами, легко очищаемыми и допускающими частое мытье и дезинфекцию. Пол должен быть антистатичным, безискровым. При выполнении пола из антистатического линолеума необходимо заземление основания линолеума.

Поверхности стен и потолка в комнате управления должны быть гладкими, легко очищаемыми и допускать влажную уборку с применением 1–2-процентного раствора уксусной кислоты. Отделочные материалы должны иметь удостоверение о государственной гигиенической регистрации, допускающее их использование в жилых и общественных зданиях.

Стены, где стоит томограф отделываются материалами, не дающими световых бликов, например, матовой плиткой.

Размещение рентгеновского аппарата производится таким образом, чтобы первичный пучок излучения был направлен в сторону капитальной стены, за которой размещается менее посещаемое помещение. Не следует направлять прямой пучок излучения в направлении комнаты управления.

У входа, где стоит оборудование и в комнату управления помещения рентгенотерапии на высоте 1,6–1,8 м от пола или над дверью должно размещаться световое табло (сигнал) «Не входить!» бело-красного цвета, автоматически загорающееся при включении анодного напряжения.

Пульт управления, как правило, располагается в комнате управления.

Для наблюдения за контролем разрешается использовать телевизионную и другие видеосистемы.

Из соображений пожарной безопасности дверь из лаборатории и комнаты управления в коридор должна открываться «на выход» (по ходу эвакуации), а из комнаты управления – в сторону выхода.

Лаборатория оборудуется автономной системой приточно-вытяжной вентиляции.

Ежедневно, до начала работы персонал проводит проверку исправности оборудования с обязательной регистрацией выявленных неисправностей в контрольно-техническом журнале. При обнаружении неисправностей необходимо приостановить работу и вызвать представителя организации, осуществляющей техническое обслуживание и ремонт оборудования.

После окончания рабочего дня отключаются рентгеновский аппарат, электроприборы, настольные лампы, электроосвещение, механическая вентиляция. Ежедневно проводится влажная уборка полов.

2.4 Общие требования пожарной безопасности

Территория учреждений должна содержаться в чистоте, своевременно очищаться от горючего мусора и отходов.

Дороги, проезды и подъезды к зданиям, сооружениям и водоисточникам постоянно следует содержать в исправном состоянии и не загромождать их; зимой они должны систематически очищаться от снега.

Противопожарные двери, остекление оконных и дверных проемов во внутренних стенах и перегородках на путях эвакуации, устройства для самозакрывания дверей, уплотняющие прокладки в притворах дверей, должны постоянно находиться в исправном состоянии.

Эвакуационные выходы должны быть обозначены светящимся табло с надписью "Выход" белого цвета на зеленом фоне.

Запрещается окрашивать поверхности конструкций на путях эвакуации масляными красками и нитрокрасками, оклеивать их обоями и облицовывать сгораемыми материалами;

Запрещается устанавливать на окнах и в дверных проемах решетки;

Пожарная техника должна применяться только для борьбы с пожарами. Использование пожарной техники для хозяйственных нужд или выполнения производственных задач запрещается.

Для размещения огнетушителей на объектах должны устанавливаться специальные пожарные щиты, стенды, шкафы.

Ручные огнетушители должны размещаться путем:

1. навески на вертикальные конструкции на высоте не более 1,5 м от уровня пола до нижнего торца огнетушителя и на расстоянии
2. от двери, достаточном для ее полного открывания; установки в пожарные шкафы совместно с пожарными кранами, в специальные тумбы или на пожарные щиты и стенды.

Песок перед заполнением ящика должен быть просеян и просушен. Ящики для песка должны иметь крышки.

Рабочие поверхности, должны иметь покрытие и бортики из негорючих материалов.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов НТИ

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Таблица 4 – Карта сегментирования услуг по разработке пульта управления

Вид предприятия	Выпускаемые пульт управления	
	Пульт управления	Пульт коммуникации и управления
Производитель Пульта управления и коммуникации		

АО "НПО Тепломаш "



ООО «Радиорубеж»



TOPCON



Вывод: По полученной карте сегментирования видно, что все ниши по разработке пульта управления заняты конкурентами, однако в разработке пульта управления конкуренция ниже. Отсюда можно сделать вывод, что ориентироваться нужно именно на эту нишу.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 2. Данные критерии подобраны, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	5	5	3	3	0,25	0,25	0,15	0,15
2. Удобство в эксплуатации	0,05	5	5	5	5	0,25	0,25	0,25	0,25
3. Помехоустойчивость	0,05	5	5	5	5	0,25	0,25	0,25	0,25
4. Энергоэкономичность	0,04	5	4	5	5	0,2	0,16	0,2	0,2
5. Надежность	0,05	5	5	5	5	0,25	0,25	0,25	0,25
6. Безопасность	0,05	5	5	2	2	0,25	0,25	0,1	0,1
7. Простота эксплуатации	0,05	5	4	5	5	0,25	0,2	0,25	0,25
8. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	5	5	4	4	0,25	0,25	0,2	0,2
9. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	4	4	5	5	0,2	0,2	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности									
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	4	4	0,25	0,2	0,2	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,25	5	5	5	5	1,25	1,25	1,25	1,25

3. Цена разработки	0,03	5	2	3	3	0,15	0,06	0,09	0,09
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	5	5	0,25	0,25	0,25	0,25
5. Послепродажное обслуживание	0,03	5	5	5	5	0,15	0,15	0,15	0,15
6. Финансирование научной разработки	0,05	5	5	5	5	0,25	0,25	0,25	0,25
7. Сроки выхода	0,03	4	5	5	5	0,12	0,15	0,15	0,15
8. Наличие сертификации разработки	0,07	5	5	5	5	0,35	0,35	0,35	0,35
Итого	1	83	78	76	76	4,92	4,72	4,59	4,59

B_f и K_f – баллы и конкурентоспособность исследуемой разработки;

B_{k1} и K_{k1} – баллы и конкурентоспособность пульт коммутации и управления ПКУ-W1 производство АО "НПО Тепломаш ";

B_{k2} и K_{k2} – баллы и конкурентоспособность пульт контроля Октава ВПУ-16 производство ООО «Радиорубеж»;

B_{k3} и K_{k3} – баллы и конкурентоспособность беспроводной пульт дистанционного управления RC-5 производство «TOPCON»

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Вывод: Из анализа видно, что данное НТИ обладает сравнительно высокой конкурентоспособностью. Это обусловлено тем, что данная разработка способствует повышению производительности труда и более низкой ценой по сравнению с остальными. Данный анализ в дальнейшем позволит выработать

конкурентные преимущества, которые помогут создаваемому продукту завоевать доверие покупателей посредством предложения товаров, заметно отличающихся либо высоким уровнем качества при стандартном наборе определяющих его параметров, либо нестандартным набором свойств, интересующих покупателя.

4.1.3. SWOT-анализ

С целью исследования внешней и внутренней среды проекта применен SWOT–анализ. Прежде чем составить матрицу SWOT требуется выявить сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы проекта.

Сильные стороны:

- С1. Более низкая стоимость по сравнению с другими разработками;
- С2. Наличие бюджетного финансирования;
- С3. Простота эксплуатации;
- С4. Актуальность;
- С5. Наличие опытного руководителя.

Слабые стороны:

- Сл.1. Отсутствие прототипа разработки;
- Сл.2. Не рассмотрен альтернативный вариант исполнения макета.

Возможности:

- В1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки;
- В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах;
- В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.

Угрозы:

- У1. Усиление конкуренции на рынке;
- У2. Сложность в достижении требуемых технических характеристик;
- У3. Несвоевременное финансовое обеспечение проекта.

Далее требуется выявить соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны							Слабые стороны	
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2
	В1	+	-	-	-	-	+	+
	В2	+	-	-	+	-	-	-
	В3	+	-	-	-	-	-	-
Угрозы проекта	У1	+	-	+	+	-	+	-
	У2	-	-	-	+	-	-	-
	У3	+	+	-	-	-	-	-

По полученным результатам составлена матрица SWOT-анализа.

Таблица 7 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны: С1. Более низкая стоимость по сравнению с другими разработками; С2. Наличие бюджетного финансирования; С3. Простота эксплуатации; С4. Актуальность; С5. Наличие опытного руководителя.	Слабые стороны: Сл.1. Отсутствие прототипа разработки; Сл.2. Не рассмотрен альтернативный вариант исполнения макета.
Возможности: В1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки; В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах;		

В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.	В1С1 В2С1С4 В3С1	В1Сл1Сл2
Угрозы: У1. Усиление конкуренции на рынке; У2. Сложность в достижении требуемых технических характеристик; У3. Несвоевременное финансовое обеспечение проекта.	У1С1С3С4 У2С4 У3С1С2	У1Сл1

Вывод: В данном разделе были выявлены угрозы, сильные и слабые стороны проекта. Результаты анализа интерактивной матрицы в дальнейшем позволит выработать стратегию по уменьшению слабых сторон и влияния угроз на проект.

4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 8 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определён имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные		

	направления коммерциализации научно- технического задела	4	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	1
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	2
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выход на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг	1	1

	инфраструктуры поддержки, получения льгот		
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	2	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	35	39

Вывод: По результатам оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации можно сделать вывод, что на данный момент перспективность проекта средняя. Это связано с тем, что проект находится на стадии макетирования, а уровень компетенций разработчика в области коммерциализации не достаточен. Исправить данную ситуацию можно путём привлечения специалистов из области коммерциализации.

4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Время продвижения товара на рынок зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Для данного научно-исследовательского проекта целесообразнее использовать такие методы коммерциализации, как инжиниринг и организация собственного предприятия. Это связано с тем, что оба метода позволят получать постоянный доход с разработки, а инжиниринг, в дополнение, будет способствовать её совершенствованию. На данном этапе, ориентация на перечисленные методы повысит требования к

взаимозаменяемости комплектующих изделия, что повлечёт за собой упрощение системы и уменьшение себестоимости прибора.

4.2. Разработка устава научно-технического проекта

4.2.1. Цели и результаты НТИ

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 6. Под заинтересованными сторонами проекта понимают лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта.

Таблица 9 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Студент	Готовая выпускная квалификационная работа
Руководитель проекта	Получение готовой технической и технологической документации, изготовление и испытание макета

Таблица 10 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	<ol style="list-style-type: none">1. Разработать проекта лаборатории технической томографии;2. Минимизировать затраты на изготовление макета.
---------------------	--

Ожидаемые результаты проекта	Получение рабочего макета с минимальной себестоимостью.
Критерии приёмки результата проекта	1.Проект лаборатории; 2. Рабочий макет пульта управления. 3.Проработка ГОСТ, СНИП.
Требования к результату проекта	Макет должен обеспечивать выполнение требований технического задания.

Вывод: В данном разделе поставлена цель проекта, описаны ожидаемые результаты, а также выдвинуты требования к результатам проекта. Заинтересованными сторонами данного НТИ являются студент и руководитель проекта.

4.2.2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

В рамках данной работы составлен перечень основных этапов и работ по проведению научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Исполнителями данного проекта являются студент и руководитель проекта.

Таблица 11 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1.	Студент	Исполнитель проекта	Выполнение расчетов, чертежей, изготовление макета, проведение экспериментов	2032
2.	Руководитель	Отвечает за	Координирует	124

	проекта	реализацию проекта	деятельность студента	
ИТОГО:				2156

4.2.3. Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничениями степени свободы участников команды проекта. Границы проекта – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованные в рамках данного проекта.

Таблица 12 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
1. Сроки проекта:	10.09.2017-02.06.2019
1.1. Дата утверждения плана управления проектом	20.02.2019
1.2. Дата завершения проекта	27.05.2019

Вывод: В данном разделе были поставлены цели и задачи, была построена организационная структура, и определены ограничения и допущения научно-технического проекта.

4.3. Планирование процесса управления НТИ

4.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупнённой структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 15 представлена иерархическая структура данного НТИ.

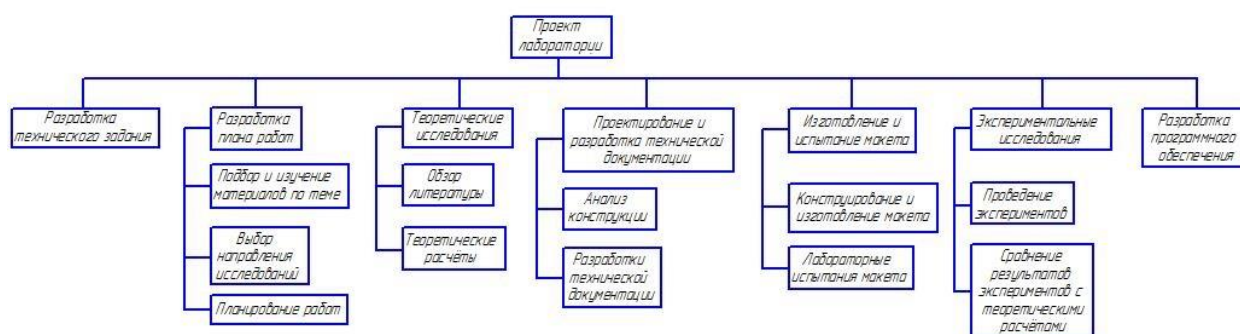


Рисунок 15 – Иерархическая структура работ проекта

4.3.2. Контрольные события проекта

В рамках данного проекта были определены ключевые события проекта, их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Данная информация сведена в таблицу 9.

Таблица 13 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка технического задания	10.09.2017- 14.09.2017	Техническое задание
2	Теоретические расчёты	14.10.2017- 01.02.2018	Расчёт проекта лаборатории
3	Разработка технической документации	01.02.2018- 01.05.2018	Чертёж проетка
4	Изготовление макета	01.05.2018- 01.10.2018	Рабочий макет пульт управления
5	Экспериментальные исследования	01.10.2018- 01.03.2019	Экспериментальные зависимости
6	Разработка ПО	01.03.2019- 01.04.2019	Программа в графической среде Си++









4.3.3. План проекта

Таблица 14 – Линейный график проекта

Код работ ы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составление технического задания	4	10.09.2017	14.09.2017	Калиниченко А.Н.
2	Изучение литературы	28	14.09.2017	30.09.2017	Киселева М.С.
3	Патентный поиск	6	30.09.2017	10.10.2017	Киселева М.С.
4	Выбор направления исследования	4	10.10.2017	14.10.2017	Киселева М.С. Калиниченко А.Н.
5	Этапы касающиеся разработки и изготовления макета	510	14.10.2017	01.04.2019	Киселева М.С. Калиниченко А.Н.
6	Оформление конечного варианта ВКР	26	01.04.2019	02.06.2019	Киселева М.С.
7	Защита	1	03.06.2019	03.06.2019	Киселева М.С.

Таблица 15 – Календарный план-график проведения НТИ

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ						
				сентябрь 2017	октябрь 2017	ноябрь 2017	декабрь 2017	апрель 2019	май 2019	июнь 2019
1	Составление технического	Руководитель	4							

	задания									
2	Изучение литературы	Студент	28							
3	Патентный поиск	Студент	6							
4	Выбор направления исследования	Руководитель, студент	4		 					
5	Этапы касающиеся разработки и изготовления макета	Руководитель, студент	510		 					
6	Оформление конечного варианта работы	Студент	26							
7	Защита	Студент	1							

Руководитель



Студент



4.3.4. Бюджет проекта

Эта статья включает затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме.

Таблица 16 – Материальные затраты, необходимые для разработки макета пульта управления

Наименование	Количество, шт	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Разъём DRB-9FA	2	18	36
Разъём DPS-9M	2	26	52
Разъём DB-9M	1	13	13
Разъём DHS-44M	1	50	50
Разъём DPT-25C	1	15	15
Итого			166

Специальное оборудование для реализации данного проекта имелось в лаборатории, поэтому затраты на его приобретение отсутствуют.

Вывод: Материальные затраты на приобретение всех необходимых материалов составили 166 рубля.

4.3.5. Риски проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 17 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Техниче	Изменение	3	3	средни	Разработк	Невозможнос

	ский	правил к лабораториям технической томографии			й	а гибкой структуры правил	ть достичь требуемых характеристик лаборатори
2	Внешни й	Изменение правил к лабораториям технической томографии	3	3	средни й	Отслежива ние рыночной ситуации	Изменение требований технического задания вследствие изменения конкурентной ситуации на рынке
3	Организ ационн ый	Задержка сроков изготовления прибора	3	3	средни й	Найти альтернат ивные источники финансиро вания	Несвоевремен ное финансовое обеспечение проекта
		Задержка сроков изготовления прибора и увеличение себестоимост и	4	4	высоки й	Найти в другом регионе наиболее выгодные по цене комплекту ющие	Отсутствие в данном регионе необходимых комплектующ их

Вывод: На данном этапе выявлены возможные риски, которые могут повлиять на проект и разработаны способы их смягчения.

4.4 Определение ресурсной эффективности

На данном этапе требуется определить показатели ресурсной эффективности данной разработки. В таблице 18 представлена сравнительная оценка характеристик трёх вариантов исполнения проекта. Первый вариант (текущий проект) это исполнение пульта управления в виде системы состоящей из небольшой электронной платы, подключённой к ПК, где основную математическую обработку будет выполнять программа. Второй вариант (аналог 1) представляет собой ту же систему с ПК, единственным отличием

является то, что основная математическая обработка реализуется не программно, а с помощью электроники. Третий вариант (аналог 2) представляет собой полноценный не стационарный электронный прибор, предназначенный для эксплуатации в "полевых" условиях.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	4	5
3. Помехоустойчивость	0,1	5	5	5
4. Энергосбережение	0,1	4	4	5
5. Надёжность	0,2	5	4	5
6. Материалоёмкость	0,25	5	2	2
Итого:	1	28	24	25

Интегральный показатель ресурсоэффективности для текущего проекта:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 = 4,75$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности для аналога 1:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 2 = 3,8$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности для аналога 2:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i = 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 2 = 3,85$$

Вывод: Основываясь на полученных результатах расчётов, можно сделать вывод, что наибольшей ресурсной эффективностью обладает текущий вариант проекта.